

Antropogenní materiálové toky a trvale udržitelný rozvoj – je skládka výběhový model?

Nachhaltigkeit und anthropogene Stoffströme – ist die Deponie ein Auslaufmodell?

Friedemann Sandig; Said Al-Akel¹

Abstrakt

Příspěvek staví německé a evropské látkové toky do kontextu moderního pojmu udržitelnosti. Představuje na příkladech aktuální trendy využívání zdrojů a vzniku odpadů a naznačuje možné cesty ekonomického využití prostřednictvím různých výzkumných přístupů. Přednáška tak otevírá diskusi k vizi o budoucím konci vzniku odpadů a jejich skládkování v dnešním smyslu. Je bezodpadová společnost v budoucnosti vůbec možná?

Kurzfassung

Im 21. Jahrhundert stehen die westlichen Industrienationen vor der Schuldfrage des unwirtschaftlichen Umganges mit den natürlichen Ressourcen. Doch die Geschichte zeigt, dass die aktuelle Fragestellung einer nachhaltigen Rohstoff- und Ressourcenpolitik keine historischen Vorbilder kennt. Die Vielzahl unterschiedlicher stofflicher Massenströme z.B. aus dem Bausektor, der Lebensmittelindustrie und der Landwirtschaft zeigt, dass es in Zukunft nicht ein Konzept des Ressourcenmanagements geben kann, sondern unterschiedliche länderspezifische und regionale Kleinkonzepte. Dies widerspricht grundlegend dem europäischen Einheitsgedanken der Wirtschafts- und Umweltpolitik. Im Sinne der europäischen Gesetzgebung angestoßene Vorgaben in Richtung neuer Wirtschaftsfreiräume werden in Europa, sogar in Deutschland, sehr unterschiedlich umgesetzt werden. Die aus Wirtschaft und Wissenschaft bisher formulierten Ansätze neuer innovativer Ideen zur Abfallverwertung zeigen, dass es in Zukunft neue Wege geben wird. Problematisch ist der Trend der Materialentwicklung in Zeiten der Neuordnung des europäischen Deponieraumes zu sehen. Es wird hier viele Jahrzehnte dauern, bis wir uns dem gesellschaftlichen Wunsch nach einer Deponiefreiheit widmen werden können. Die Zukunft liegt weit vor uns.

¹Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Karl-Liebknecht-Str. 132, D-04277 Leipzig, Tel.: +49 (341) 3076 6636, friedemann.sandig@htwk-leipzig.de, said.al-akel@htwk-leipzig.de

1 Nachhaltigkeit & Umweltschutz

Innerhalb des letzten halben Jahrhunderts hat sich eine markante Sichtweise auf die menschliche Umwelt und die gesellschaftlichen Aufgaben und Pflichten zum Schutz dieses Lebensraumes etabliert. Es ist heute kaum mehr vorstellbar, dass noch im Jahr 1970 59% der Bundesbürger angaben, den Begriff „Umweltschutz“ weder gehört noch gelesen zu haben².

Unsere heutige Sichtweise auf den Wertverlust von Stoffen infolge ihrer Nutzung und die ungleiche Verteilung des globalen Ressourcenverbrauches wäre jedoch ohne den zweiten Begriff der „Nachhaltigkeit“ nicht möglich. Alle Bestrebungen der letzten Jahrzehnte, beginnend von den Forderungen nach der Reinhaltung der menschlichen Umwelt in den 70er Jahren über die Erfassung nationaler und internationaler Stoffströme, die Herstellung neuer Materialien und Materialverbünde, die Separierung von Wertstoffen, die Entwicklung von Aufbereitungstechniken bis hin zur Generierung intelligenter Stoffströme mit möglichst langen Zyklen und Optionen der Rezyklierung sind Ausdruck dieses enormen gesellschaftlichen Wandels. So ist der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen im Grundgesetz verankert. Die Bundesregierung hat Nachhaltigkeit zum übergeordneten Prinzip ihres Handelns erklärt und versteht darunter mehr als den eigentlichen Umweltschutz.



Abbildung 1: Sylvicultura Oeconomica: erster Begriffsnachweis der Nachhaltigkeit, 1713.

Die Bedeutung des Begriffes „Nachhaltigkeit“ hat sich dabei verändert. Ursprünglich vor ca. 350 Jahren durch Hannß Carl von Carlowitz, einem Oberberghauptmann des sächsischen König August des Starken, im forstwirtschaftlichen Zusammenhang mit dem Erzbergbau als lokales Dilemma eines zu starken Holzverbrauches formuliert, wird der Begriff seit den 1970er Jahren als „dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung“ und für immer mehr Branchen benutzt. Er wurde für die internationale Gesellschaft mit dem Blick auf zukünftige Generationen eingeführt durch die UN-Umweltschutz-konferenz in Stockholm 1972, findet sich im Experten-

²Umweltbundesamt, <http://uba.de/40jahre>

sammenschluss für nachhaltige Entwicklung, dem Club of Rome³ und wurde letztmals grundlegend im Brundtland-Report von 1987 angepasst⁴.

Aktuell werden notwendige Entwicklungen insbesondere für die Produktentwicklung derart gefordert, dass die Produkte von Anfang an durch eine sekundäre Nutzung nachhaltig angelegt sind und sich die Frage nach einem Abfall-Recycling gar nicht erst stellt⁵.

2 Abfallaufkommen & Stoffströme

Umweltschutz ist wichtiges politisches Instrument geworden: Deutschland will seine Treibhausgasemissionen bis 2020 um 40 % gegenüber 1990 reduzieren, die Europäische Union strebt dieses Ziel bis 2030 an. Problematisch bleiben bis zur Umsetzung dieser innovativen Idee jedoch die großen Abfallmassen und Stoffströme dieses anthropogenen Zeitalters, große Defizite liegen auch im ständig steigenden Flächenverbrauch⁶. Das Abfallrecht ist durch eine Vielzahl europäischer Rechtstexte formuliert. Während Verordnungen unmittelbare Geltung in den Mitgliedstaaten entfalten, müssen Richtlinien in das jeweilige nationale Recht umgesetzt werden. In Deutschland bildet das Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen⁷ die Kernregelung abfallrechtlicher Vorschriften. Dieses Kreislaufwirtschaftsgesetz wird für die nicht schon durch das Bundesrecht erfassten Bereiche ergänzt und konkretisiert durch die Abfallgesetze der Länder. Das KrWG vereinheitlicht den Abfallbegriff im Sinne der europäischen Abfallrahmenrichtlinie⁸ und erweitert ihn (§ 3 Abs. 1). Die Beschränkung auf „bewegliche Sachen“ entfällt - durch den Ausschluss von „nicht ausgehobenen Böden und Bauwerken“ ist das Abfallrecht jedoch weiterhin nur auf bewegliche Sachen anzuwenden. Mit dieser Abfalldeklaration direkt verbunden ist ein wirtschaftlicher und ökologischer Verlust von Ressourcen in Form von Material und/oder Energie. Die nationalen und internationalen Stoffströme des Abfalls sind Ausdruck aktueller Verwertungs- und Rohstoffpolitik.

Im 21. Jahrhundert erzeugt jeder Bundesbürger pro Jahr über 5 t Abfall und verbraucht damit doppelt so viele Ressourcen, wie natürlich bereitgestellt werden kann⁹. Jeder Europäer erzeugt pro Jahr ca. 480 kg Siedlungsabfall¹⁰ (Deutschland: ca. 620 kg, Rumänien: 270 kg, Estland: 290 kg¹¹), dies entspricht nur etwa 10 % der persönlichen Gesamtabfallmenge. Europaweit (Datengrundlage: EU-28 plus Norwegen) bestehen ca. 60 % des erzeugten Abfalls (ca. 210 Mio. t) aus mineralischem Abfall und Boden, überwiegend aus Bau- und Abbrucharbeiten sowie dem Bergbau¹². Pro Kopf sind dies 2,6 t oder 52 Mülltonnen¹³.

Ein steigender Anteil wird dabei – länderspezifisch mit sehr unterschiedlichen Quoten – dem Recycling zugeführt (Siedlungsabfall: über 30 %) und der Anteil der deponierten Menge nimmt kontinuierlich ab. für die mineralischen Stoffe wurden die öffentlichen Auftraggeber verpflichtet, bei anstehenden Baumaßnahmen abzuwägen,

„... ob und in welchem Umfang Erzeugnisse eingesetzt werden können, die sich durch [...] Wiederverwendbarkeit, Verwertbarkeit auszeichnen, im Vergleich zu anderen Erzeugnissen zu

³Meadows, D. H., Randers, J., & Behrens III, W. W. (1972). The limits to growth: a report to the club of Rome (1972).

⁴Keeble, B. R. (1988). The Brundtland report: 'Our common future'. *Medicine and War*, 4(1), 17-25.

⁵Euro am Sonntag: Über den Unsinn der Nachhaltigkeit, Interview mit Braungart, 11.02.2013, online: <https://www.finanzen.net/nachricht/rohstoffe/Euro-am-Sonntag-Interview-Umweltphilosoph-Querdenker-Braungart-Ueber-den-Unsinn-der-Nachhaltigkeit-2264616>

⁶Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung, Neuauflage 2016

⁷Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), letzt. Änd. v. 20.07.2017

⁸Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19.11.2008 über Abfälle (2008/98/EG)

⁹Nachhaltigkeit: Deutschland, Vorbild im Reden, Beitrag Zeit Online am 12.09.2018

¹⁰Europäische Umweltagentur, Abfall: Ein Problem oder eine Ressource? online 09.07.2014

¹¹Statistisches Bundesamt: Zahl der Woche vom 23.06.2015

¹²Eurostat 2010, www.eurostat.eu/waste

¹³Der (Müll-)Turmbau zu Babel? – Teil 2, S. Reuther, 15.05.2017, www.wertstoffblog.de

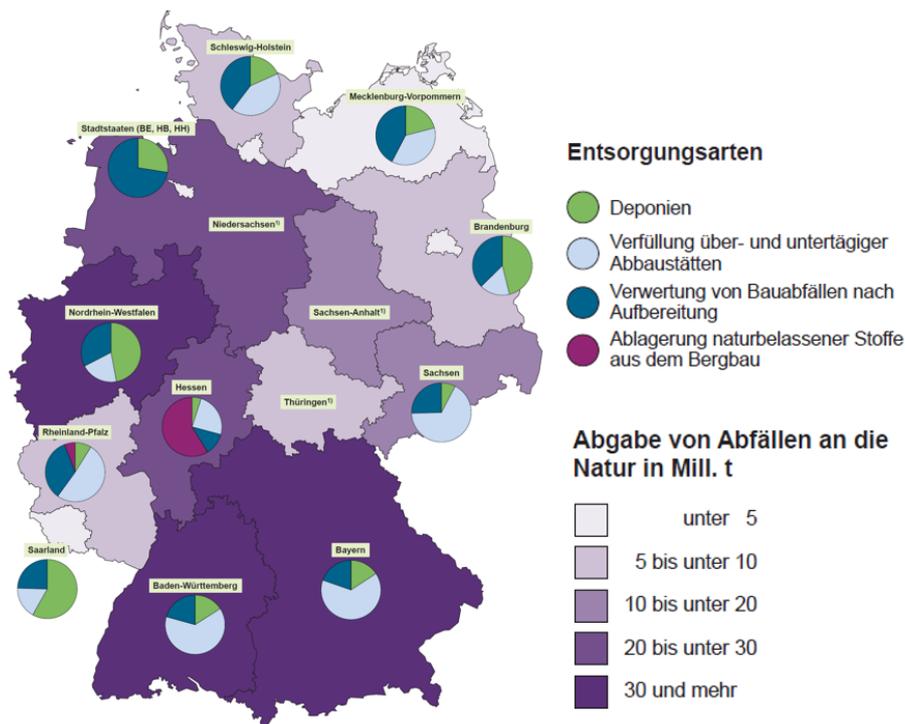


Abbildung 2: Abgabe von Abfällen an die Natur, nach Art der Entsorgung, Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder, 2017.

weniger oder zu schadstoffärmeren Abfällen führen oder aus Abfällen zur Verwertung hergestellt worden sind¹⁴.

Eine Wiederverwendung von Baustoffen/Bauteilen und damit das Ende der Abfalleigenschaft sind demnach erreicht, wenn diese ein Verwertungsverfahren durchlaufen haben, eine Umweltverträglichkeit und darüber hinaus ein positiver Marktwert nachgewiesen wurden. Kriterien zur Einteilung von Baustoffen hinsichtlich ihres Recyclings sind:

- Recycling und Vorbereiten zum Recycling: Ausrangierte Materialien oder Bauteile werden woanders wiederbenutzt. Das Vernichten, Zerlegen oder Beseitigen entfällt demzufolge.
- Energetisches Recycling oder Verfüllen: Brennbarer Restbaustoffe werden zur Energieerzeugung direkt verbrannt oder zu Materialien aufgearbeitet, die sich verfüllen lassen.
- „Einfaches“ Beseitigen gilt für Baustoffe ohne Verwertungskonzept.
- Entsorgungen als Sondermüll gilt für Baustoffe und Bauteile, die mit Schadstoffen belastet sind.

Für die Zukunft stellt sich automatisch die Vision, ob eine 100 %-ige Recyclingquote machbar wäre, also der Anteil der tatsächlich aus dem Abfall recycelten Wertstoffe 100 % beträgt. 2011 formulierte der Rat für Nachhaltige Entwicklung (RNE¹⁵) das Ziel des 100 %-Recyclings für strategische Rohstoffe. Seitdem ist die Entkopplung des Wirtschaftswachstums vom Verbrauch strategischer Metalle und Mineralien ein strategisches Ziel der deutschen Rohstoff- und Nachhaltigkeitspolitik. Der RNE empfahl der Bundesregierung zudem, in der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie den Indikator Rohstoffproduktivität zu einer Referenz für die fachpolitischen

¹⁴§ 37 KrW-/AbfG

¹⁵www.nachhaltigkeitsrat.de

Bereiche Wirtschaft, Abfall und Umwelt auszubauen. In diesen fachpolitischen Bereichen sollten weitere, differenzierte Indikatoren entwickelt werden, die anzeigen, ob und wie das Ziel „Steigerung der Rohstoffproduktivität“ der Nachhaltigkeitsstrategie erreicht werden würde.

3 Abfallvermeidung & Recyclingansätze

Deutschlandweit werden Abfälle regional sehr unterschiedlich aus Kreisläufen herausgelöst. So wurden beispielsweise im Jahr 2016 in Sachsen flächendeckend bis 416,8 kg Haushaltsabfälle pro Einwohner produziert, hingegen in den meisten Kreisen von Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Bayern über 528,6 kg und lokal bis 2.042,9 kg¹⁶. Grund dafür ist nicht primär ein unterschiedliches Abfallvermeidungsbewusstsein, sondern diverse sozio-ökonomische Indikatoren. Beispielhaft wird hier auf die sehr unterschiedliche Flächeninanspruchnahme der Anteile der Siedlungs- und Verkehrsflächen an der Gesamtfläche verwiesen, welche sich – außer zwischen Kreisen und kreisfreien Städten – hauptsächlich in einem West-Ost-Gefälle (Nordrhein-Westfalen: 12,3 bis 32,2 %, Brandenburg: 5,3 bis 12,3 %) widerspiegelt.

Die Kosten für die anfallenden Abfälle sind regional sehr unterschiedlich und werden zusätzlich zum Entsorgungspreis auch durch die Transportkosten gebildet. Insbesondere im Bausektor (34 % des europaweiten Abfallaufkommens besteht aus Bauabfällen¹⁷, deutschlandweit: 54 % des Abfallaufkommens¹⁸) entstehen durch die seit Oktober 2015 veränderte eingeführte LKW-Maut ab 7,5 t Gesamtmasse neue Ansätze des wirtschaftlichen Umganges mit Abfällen aus Böden, Böden mit Fremdbestandteilen oder Bauabbruchabfällen. Im Erdbau besteht in der Phase der geotechnischen Erkundung bereits die Möglichkeit, die anfallenden Massen (Kellergründung, Oberflächenprofilierung etc.) in Abstimmung mit der Bauplanung anzupassen und bei geschickter Zusammenlegung von Böden im Bauort zu Homogenbereichen¹⁹ Abfall und Abfallkosten für den AG einzusparen. Die Verwertung beginnt demnach auf der Baustelle noch bevor in den meisten Fällen der Abfallbegriff greift oder das Ende der Abfalleigenschaft nach §5 Kreislaufwirtschaftsgesetz herbeigeführt werden muss.

Dieses Ende der Abfalleigenschaft wurde in der Abfallrahmenrichtlinie²⁰ favorisierend für solche Materialien beschrieben, „... die ein hohes Maß an Umweltschutz bieten und mit ökologischem und ökonomischem Nutzen verbunden sind.“ Dazu gehören unter anderem Bau- und Abbruchabfälle und körniges Gesteinsmaterial. Fraglich ist, ob das 2020-Ziel, die nicht gefährlichen Bau- und Abbruchabfälle mindestens zu 70 % zu recyceln, eingehalten werden kann.

In den westlichen Industrienationen stellt sich bis zum beginnenden 21. Jahrhundert jedoch heraus, dass sich wirtschaftliche Marktanteile leider nicht durch die Prinzipien der Abfallvermeidung, sondern lediglich über die Verwertung von Abfällen entwickeln lassen. Die erste Stufe der fünfstufigen deutschen Abfallhierarchie (§6 Kreislaufwirtschaftsgesetz) scheint eine gesellschaftliche Herausforderung zu sein. Eine exemplarische Suche in der TIB Leibniz-Informationsdatenbank für Technik und Naturwissenschaften²¹ listet nach den Stichwortsuchen für „Abfallvermeidung“ lediglich 3.045 Treffer, für den Begriff der „Abfallverwertung“ den 70-fachen Wert von 213.553 Einträgen. Die Abfallforschung der Ministerien und der großen technischen Universitäten konzentrieren sich heute auf intelligente energetische oder stoffliche Abfall-Verwertungsverfahren Dies zeigt, dass auch im Bereich der Forschung die Verwertungsgedanken eindeutig im Vordergrund des wissenschaftlichen Fokus stehen. Die Anzahl der Publikationen in genannter Datenbank steigt jährlich. Doch Möglichkeiten der stofflichen Nutzung

¹⁶ www-genesis.destatis.de

¹⁷ Eurostat, EPRS, Europäische Kommission

¹⁸ Statistisches Bundesamt 2016

¹⁹ DIN 18300: ein Homogenbereich ist ein „... begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felschichten, der [...] vergleichbare Eigenschaften aufweist.“

²⁰ Rili 2008/98/EG

²¹ weltweit größte Fachbibliothek für Technik und Naturwissenschaften und Universitätsbibliothek der Leibniz Universität Hannover, www.tib.eu/de

minderwertiger Baustoffe existieren – zumindest im Erdbausektor.

Recycling-Baustoff-Produktion 2014 (in Mio. t)

Recycling-Baustoffe insgesamt: 67,6 Mio. t

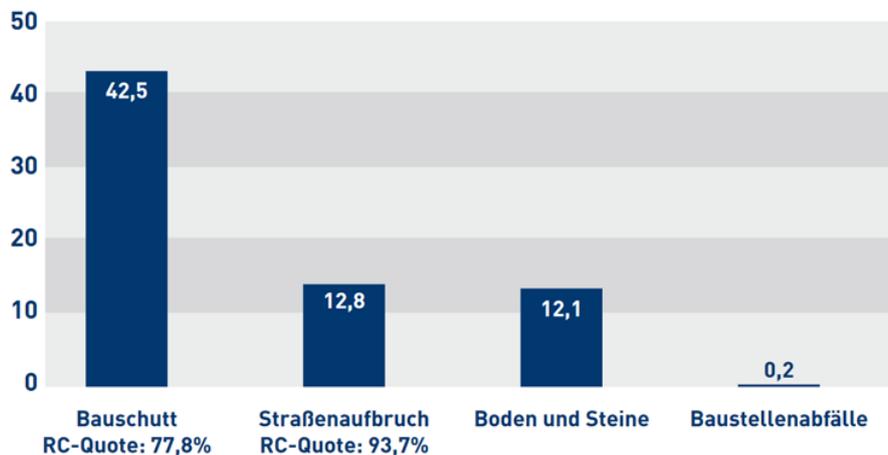


Abbildung 3: Recycling-Baustoff-Produktion, in Mio. t (Stand: 2014, Quelle: Initiative Kreislaufwirtschaft Bau (2017: Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle).

Betrachtet man die bisherigen Recyclingverfahren, so werden ausschließlich Produkte (Schüttgüter) für den Straßen- und Wegebau, Erdbau und Deponiebau hergestellt. Diesen Bereich dominieren gegenwärtig vorwiegend Schüttgüter der Natursteinindustrie. Der Zugang von Recyclingmaterialien ist aufgrund von technischen und zulassungsrechtlichen Anforderungen nur bedingt möglich. Gleichzeitig ist das Ausschreibungsverhalten unzureichend auf Recyclingmaterial ausgerichtet. Die ingenieurmäßige Verantwortung für die nächsten Jahre liegt damit im Erkunden neuer Nutzungspotenziale für mineralische Abfallstoffe und der Entwicklung neuer Ersatzbaustoffe im Rahmen der aktuellen politischen Rahmengesetzgebung.

Obwohl heute schon große Mengen des anfallenden Bodenmaterials einer hochwertigen Verwendung zugeführt werden, besteht insbesondere für die Herstellung von Sandfraktionen (etwa 37 bis 53 % des gesamten aufbereiteten Materials²² technisches Entwicklungspotential. Die Forschung sucht seit einigen Jahren verstärkt Möglichkeiten, für diese Kornanteile neue hochwertige Verwertungsmöglichkeiten zu erschließen. Momentan wird davon ausgegangen, dass ein zur Verfüllung und Ablagerung verwendetes Boden- und Aushubmaterial oft geotechnische Eigenschaften aufweist, welche eine direkte Verwertung im Erdbau unmöglich macht. Dazu gehören vor allem:

- fein- und gemischtkörnige Böden mit hohen Wassergehalten,
- fein- und gemischtkörnige Böden mit erhöhten organischen Beimengungen,
- Böden mit instabilen Fremdstoffen (Holz, Ziegelreste. . .),
- Kornfraktionen bis 2 mm Kantenlänge und
- Schlämme aus Rücklaufspülungen etc.

Aus den genannten Daten zur Markt- und Rohstoffsituation, den Prognosen zur Nachfrage der zukünftigen Produktion an hochwertigen Sanden und Kiesen für das Bauwesen und

²²Henzinger, C. (2017). Bodenverbesserung mit Recyclingmaterial aus Bauschutt (Dissertation, Technische Universität München).

Schätzungen von leicht steigenden zu produzierenden Mengen für die nächsten Jahrzehnte ist ableitbar, dass im Sinne der Schonung von Primärrohstoffen und einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft versucht werden muss, den Bedarf so weit wie möglich durch Material zu decken, welches in großer Menge als mineralischer Reststoff bereits heute zur Verfügung steht, auch wenn bekannte Bodenverbesserungsmaßnahmen auszuführen oder neue Lösungen zu entwickeln sind.

Technologische Ansätze der Separierung und Homogenisierung – nicht nur von Seiten der Deponiebetreiber, sondern bereits bauseits – lassen außerdem eine Verringerung von Massenabfällen durch teilweises Abführen sekundär nutzbarer Anteile zu. So werden beispielsweise erfolgreich anthropogene Auffüllungen aus innerstädtischen Baubereichen mit z.T. Fremdbestandteilen weit über 10 % durch stationäre und mobile Siebanlagen zu Böden verarbeitet (sichtbarer Volumenanteil der Fremdbestandteile: <10 %) und lediglich der abgetrennte Fremddanteil wird deponiert.

Eine weitere Möglichkeit der stofflichen Nutzung von Erdbaustoffen liegt in der gezielten Umwandlung zu neuen Materialien mit anderen Anwendungen. Seit Jahren werden technologische Ansätze der Aufmischung minderwertiger Böden auf den Baufeldern und deren Umwandlung zu innovativen bindemittelstabilisierten Baustoffen erfolgreich eingesetzt. Diese sogenannten Flüssigböden werden dann gezielt für Bereiche schlechter Zugänglichkeit (Engstellen, Hohlräume, Hinterfüllungen etc.) verwendet, verfestigen nach der Verfüllung im fließfähigen Zustand und entwickeln ein bodenähnliches Verformungsverhalten. Insbesondere bei der Umhüllung von Kabeltrassen und Rohrleitungen hat sich das Verfahren bewährt. Neuere Ansätze, dieses Material auch für andere Anwendungen zu öffnen, sind bereits erfolgreich in mehreren Pilotprojekten getestet worden. So wurden beispielsweise an der HTWK Leipzig Deichdichtungen oder baugrundverbessernde Säulen in Modell- und Großversuchen nachgewiesen und für die baupraktische Nutzung vorbereitet.

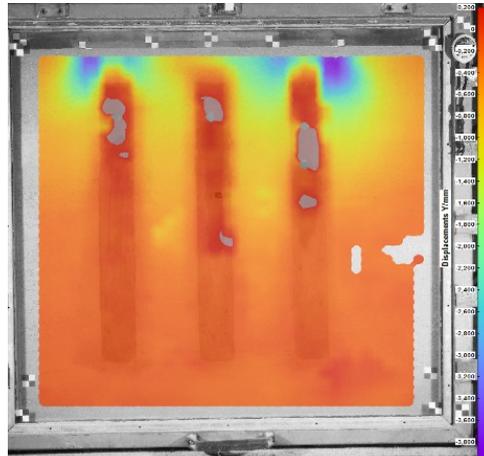


Abbildung 4: Modellversuch an einer Säulengruppe: blau = große vertikale, rot = kleine Verschiebungen.

Experimente im 2D-Schnittmodell zeigen, dass die vertikalen Verschiebungen durch eine Gruppe dieser Bodenmischsäulen stark abgebaut werden. Abbildung 4 zeigt eine Säulengruppe aus 3 Einzelsäulen im ebenen Schnitt an einer Glasscheibe. Gemessen wurden die Verschiebungsfelder durch die Methoden der Particle Image Velocimetry (PIV), ein berührungsloses optisches Verfahren der Bewegungsdetektion mit anschließender digitaler Bildkorrelation durch Digital Image Correlation (DIC). Die Säulen binden nicht in eine tragfähige Schicht ein, sondern tragen als sogenanntes „schwimmendes“ System die Lasten in den Untergrund ein. Für die hier im Experiment untersuchte flächig aufgebrachte Prüflast von 3 kN wurden Setzungen von 7 mm ermittelt, der Vergleich zum unverbesserten Untergrund weist hier eine Setzungsreduzierung

von ca. 30 % aus.

Das System der Setzungsreduzierung durch die Bodenmischsäulen wurde mittlerweile durch die HTWK Leipzig erfolgreich im 1:1 Großversuch gemeinsam mit dem Landesamt für Straßenbau und Verkehr des Freistaates Sachsen (LASuV), CDM Smith Consult GmbH und BAUER Spezialtiefbau GmbH nachgewiesen. Dabei wurden mehrere Einzelsäulen (Kurzzeitbelastungstests) und eine 3x3-Säulengruppe (Langzeitversuch, Durchmesser: 0,4 m, Länge: ca. 10 m, quadratisches Raster, Achsabstand: 1,35 m) auf einem Baufeld des LASuV über ein Trägergerät der Fa. BAUER Typ BF13 H mit Tiefenrüttler TR17 in Anlehnung an das Verfahren der Rüttelortbetonsäulen (ROB) hergestellt. Herstellungsschritte und Materialparameter wurden durch eine baubegleitende Qualitätssicherung kontrolliert. Der Belastungsaufbau des 4,4x4,4 m großen Versuchsstandes im Realmaßstab erfolgte über eine 0,5 m mächtige Lasttransferschicht durch eine 0,5 m starke Bodenplatte und 50 Spezialbetonelemente (1,6 m x 0,8 m x 0,8 m). Zusätzlich wurde ein „Nullversuch“ ohne Stabilisierungssäulen hergestellt.

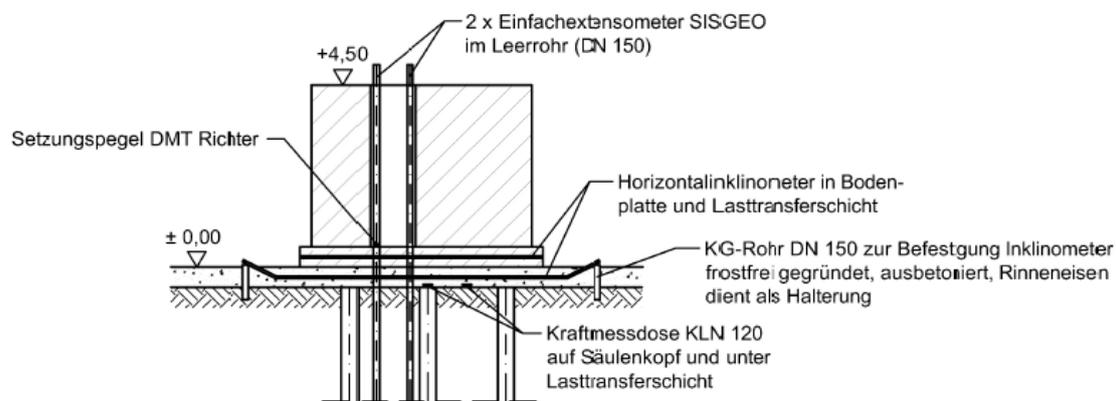


Abbildung 5: Prinzip der messtechnischen Ausrüstung und der Belastung über der Säulengruppe.

Die Versuche in 2017 auf Kippenflächen des ehemaligen Braunkohletagebaus etwa 15 km südlich des Leipziger Stadtkerns zwischen den Gemeinden Großdeuben und Böhlen zeigen, dass das technische Prinzip der schwimmenden Lastverteilung über Bodenmischsäulen und anteilig über die Zwischenbodenbereiche auch für extrem schlechte und inhomogene Baugründe anwendbar ist und insbesondere für große Untergrundverbesserungen ab 2.000 m Grundfläche und Lasten bis 100 kN Gebrauchslast eine Alternative zu herkömmlichen Verfahren der Materialsubstitution oder der Lastverteilung über die Tiefe darstellt.

4 Deponieraum & Zukunftsfragen

Trotz aller Fortschritte bei Abfallvermeidung, -verwertung und -recycling in Deutschland und anderen europäischen Ländern und der Schaffung einer einheitlichen EU-Regelungen der Kreislaufwirtschaft sind die abgesteckten Ziele nicht bzw. nur teilweise erreicht worden. Die Vereinbarkeit zwischen Arbeitsplatzert, Wachstum und Einhaltung von Umweltschutzziele klaffen bei vielen Mitgliedsstaaten sehr weit auseinander. Ein weiteres Problem für die Vereinheitlichung der Vorgehensweisen ist die Heterogenität des angefallenen Abfalls in den verschiedenen Ländern, dargestellt in Abbildung 6.

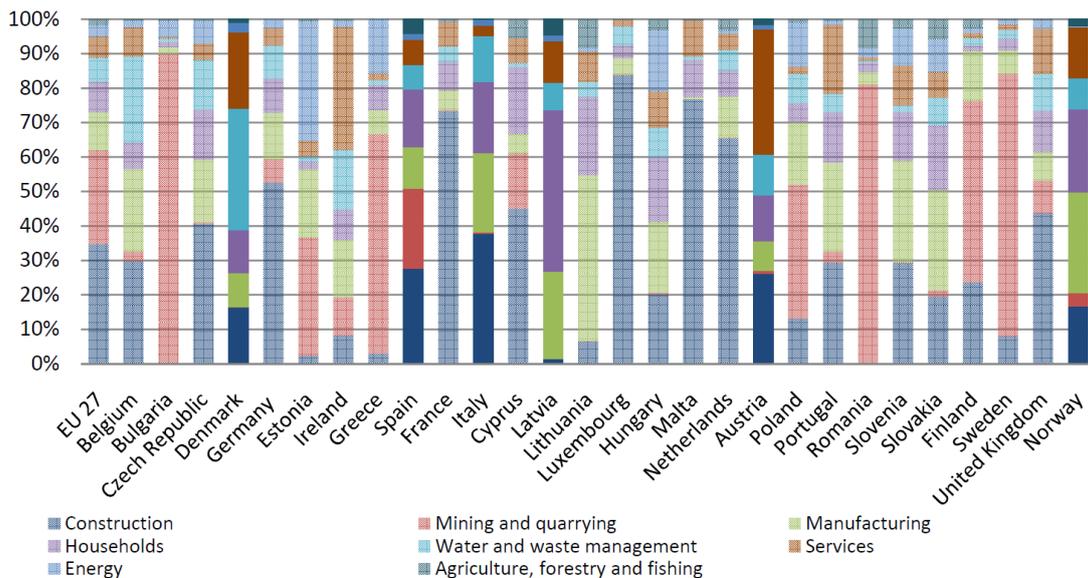


Abbildung 6: Abfallaufkommen je nach Abfallart, Quelle: Eurostat 2010.

Die Deponierung, soll in der Zukunft weniger eine Option für die Abfallentsorgung darstellen. Das größte Problem dabei sind die unterschiedlichen Behandlungsquoten von z.B. Siedlungsabfällen in den Partnerländern. Trotz aller Anreize für die Mitgliedsländer, den biologisch abbaubaren Abfall auf effizientere Weise zu behandeln, z.B. durch Erhöhung der Energierückgewinnung aus biologisch abbaubaren Abfällen werden noch siebenzig bis neunzig Prozent der Siedlungsabfälle vollständig unbehandelt abgelagert. Abbildung 7 zeigt, dass insbesondere in den südosteuropäischen Ländern hier enormer Entwicklungsbedarf entsteht, während mehrere Länder West- und Nordeuropas ca. 50 % ihres Aufkommens bereits energetisch verwerten können.

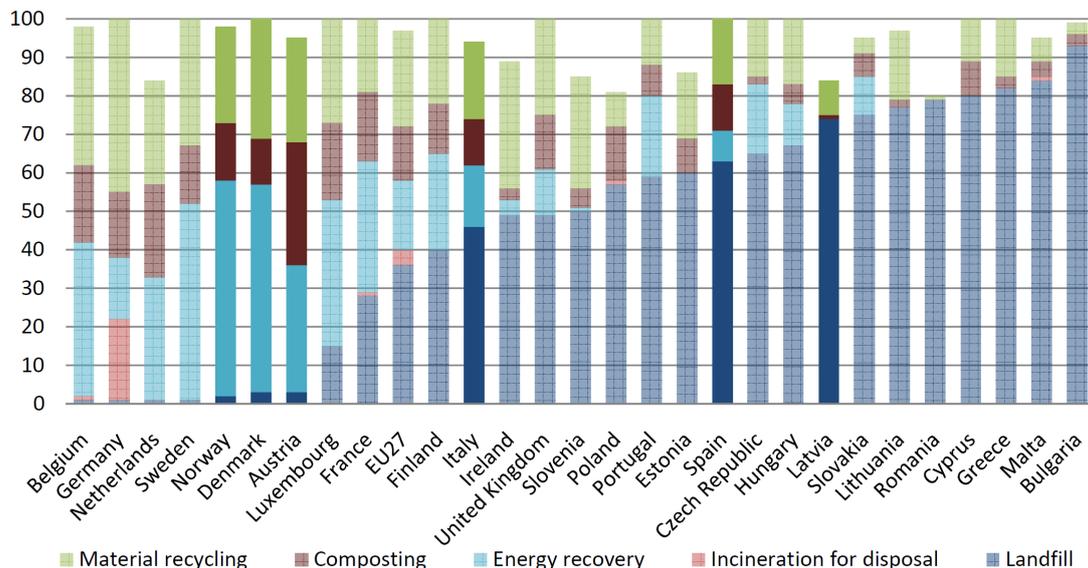


Abbildung 7: EU-Abfallbehandlung 2011, Quelle: Drivers for waste-to-energy in Europe, 2012.

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass in der EU die Abfallerzeugung mit der Steigerung der Wirtschaftsleistung wächst. Das Ziel der europaweiten Entkopplung beider Prozesse ist noch lange nicht erreicht. Schaut man nach Deutschland, so sind jedoch erste Fortschritte in Richtung der Entkopplung der Wirtschaftsleistung vom Abfallaufkommen erzielt

worden (siehe Abbildung 8). Zur völligen Entkopplung beider Prozesse bedarf es noch größere Anstrengungen und ein Umdenken im Produktions- und Verbrauchsverhalten.

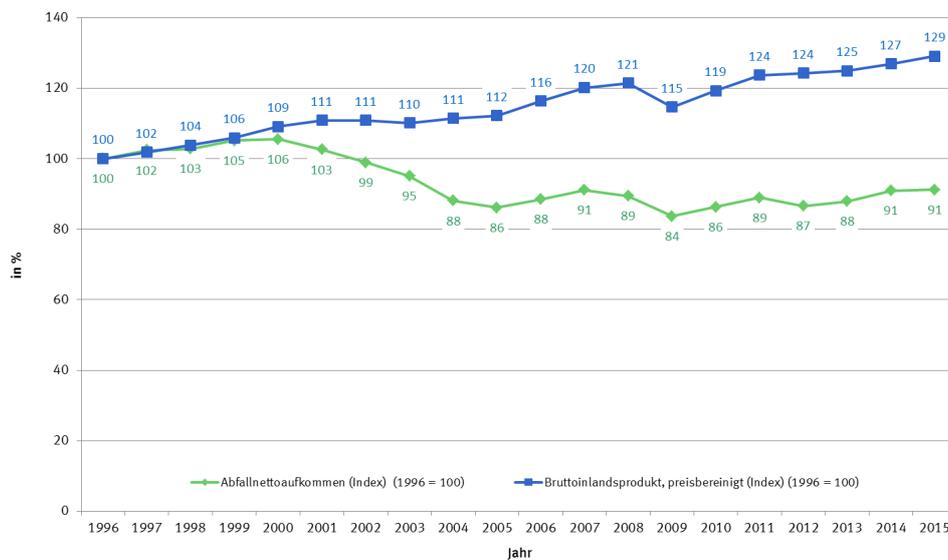


Abbildung 8: Entwicklung des Abfallaufkommens (netto) und der Wirtschaftsleistung (Bruttoinlandsprodukt) in Deutschland, Quelle: Statistisches Bundesamt, 2015.

Die deutsche rot-grüne Bundesregierung (1998-2005) hat die Reduzierung des Abfallaufkommens und die Erhöhung der Verwertungsquote stark vorangetrieben, Abbildung 8. Der damalige Bundesumweltminister Jürgen Trittin formulierte 2001 die Ziele wie folgt:

„In fünf Jahren wird es in Deutschland deutlich weniger Mülldeponien geben! Städte und Gemeinden werden den anfallenden Müll in Zukunft nicht mehr ablagern dürfen, sondern ihn komplett verwerten müssen...“ (Quelle: Der Tagesspiegel, Jan. 2001).

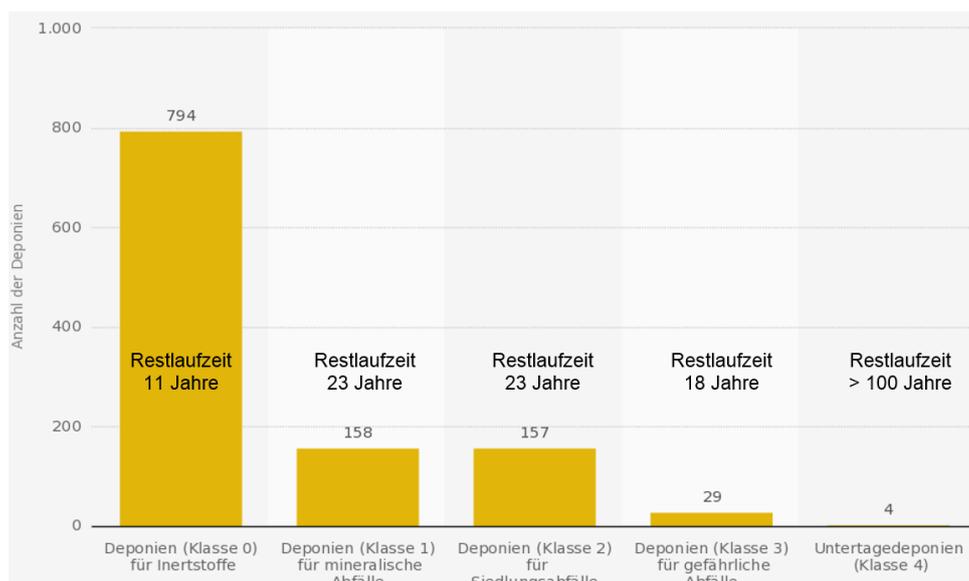


Abbildung 9: Anzahl der Mülldeponien in Deutschland nach Anlagenart und Restlaufzeiten für das Jahr 2013, Quelle: statistisches Bundesamt, 2015.

Technische, politische sowie wirtschaftliche Aspekte sind die Hauptgründe für das Nicht-Erreichen der abgesteckten Ziele. Dazu kommt auch die Verschärfung der Umweltgesetze

und insbesondere in Bezug auf die Verwertung und Weiternutzung von Bodenaushubmassen und Bauabfälle. Diese erhöht die Menge des Deponats und ggf. den Bedarf an Deponieraum. Abbildung 9 zeigt die aktuelle Anzahl der Deponien nach Deponieklasse und Restlaufzeit in Deutschland.

Demnach ist festzustellen, dass grundsätzlich ein ausreichender Deponieraum für die nächsten Jahre vorhanden ist. Eine detaillierte Untersuchung zeigt jedoch auch, dass Deponieraum in einigen Bundesländern wie z.B. Niedersachsen knapp werden könnte. Das gilt insbesondere für Deponien der Klasse I (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Aktuelle Entwicklung der Deponiekapazitäten in Niedersachsen, Quelle: Umweltministerium Niedersachsen, 2015.

Deponieklasse	Ablagerungsmasse 2007 (in Mio t)	Restkapazität nach Stichtag 15.07.2009 (AWP - berechnet, in Mio t)	Restkapazität 31.12.2012 (gemeldet, in Mio t)	Rechnerische Restlaufzeit (Jahre)
§ 3 II AbfAb1V	0,48	6,2	6,3	13,1 Jahre
DK I	1,02	5,2	3,6	3,5 Jahre
DK II	0,56	18,0	14,0	25 Jahre
Alle DK (Summe)	2,06	29,4	24,0	-

Ausgegangen von einem Zeitbedarf für die Planungs- und Genehmigungsprozesse von durchschnittlich 5 Jahren, wird ersichtlich, dass weitere Möglichkeiten für die Unterbringung der Abfallströme gefunden werden müssen, z.B. die Nutzung von DKII-Deponien oder die Deponierung von Massen in Nachbarbundesländern. Eine Untersuchung des Fachausschusses Deponien bestätigt diesen Sachverhalt. Die Verfasser haben die bestehenden Daten für sieben ausgewählte Bundesländer zusammengetragen und festgestellt, dass in vielen Regionen ein erheblicher Bedarf an technisch geeignetem wie kostengünstigem Deponievolumen insbesondere der Deponieklasse I besteht. Deswegen bemühen sich die betroffenen Bundesländer seit Jahren darum, neuen Deponieraum zu schaffen und beschäftigen sich auch mit den möglichen Auswirkungen der MantelVO. Diese Auswirkungen sind derzeit nicht genau bekannt und werden kontrovers diskutiert. Dies wird deutlich beim Vergleich der Mengenverschiebung („Weg von der Verwertung, hin zur Deponierung!“).

So errechnen das BMU einen Zuwachs von 13 Mio. t/a, der BDE²³ von 50 Mio. t/a und das ZDB²⁴ von 70 Mio. t/a. Auch wenn diese errechneten Mehrmengen weit auseinandergehen, sind alle Studien einig, dass die Einführung der MantelVO eher einen Mehrbedarf an Deponieraum bedeutet.

Großes und schwer schätzbares Risiko bringt die Änderung der jetzigen Ablagerungsregularien mit sich, weil momentan große Mengen im Tagebau entsorgt werden. Umweltschutz spielt heutzutage zwar eine große Rolle bei unseren Handlungsweisen, ist aber ein Hindernis für eine zügige Entwicklung der Effizienz bei Wiederverwertung von Abfällen.

Als weiterer wichtiger Aspekt kommt hinzu, dass aus der technischen Produktentwicklung immer kompliziertere Materialien und Produkte vorliegen. Nach einer bestimmten Nutzungsdauer werden diese Produkte zu Abfällen bzw. Problemabfällen wie z.B. Wärmedämmverbundsys-

²³Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft e.V., www.bde.de/

²⁴Zentralverband Deutsches Baugewerbe, www.zdb.de/

teme, die gar nicht bzw. nur mit großem Aufwand trennbar sind (Abbildung 10).



Abbildung 10: Bestandteile eines Wärmedämmverbundsystems, Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, 2015.

Beispiele für weitere Problemstoffe stellen Rotorblätter von Windkraftanlagen dar. Diese hochkomplexen Verbundmaterialien bestehen aus glas- und kohlenstoffaserverstärkten Kunststoffen, Metallen, PVC und Holz. Die Deponierung ist nicht zulässig und die Trennung dieser Materialien ist sehr kostenintensiv. Die energetische Verwertung ist problematisch, da bei Verbrennungsprozessen schwer entfernbare Verklebungen von Brandrückständen in den Brandkammern entstehen.

Nach Ende der Betriebszeit werden die Anlagen Abgebaut und müssen entsorgt werden. Die Abbildung 11 zeigt die derzeitige und die erwarteten Abfallströme aus den Windkraftanlagen. Diese Mengen werden sich zukünftig erhöhen und Frage nach einer sinnvollen Strategie bei der Verwertung muss noch beantwortet werden.

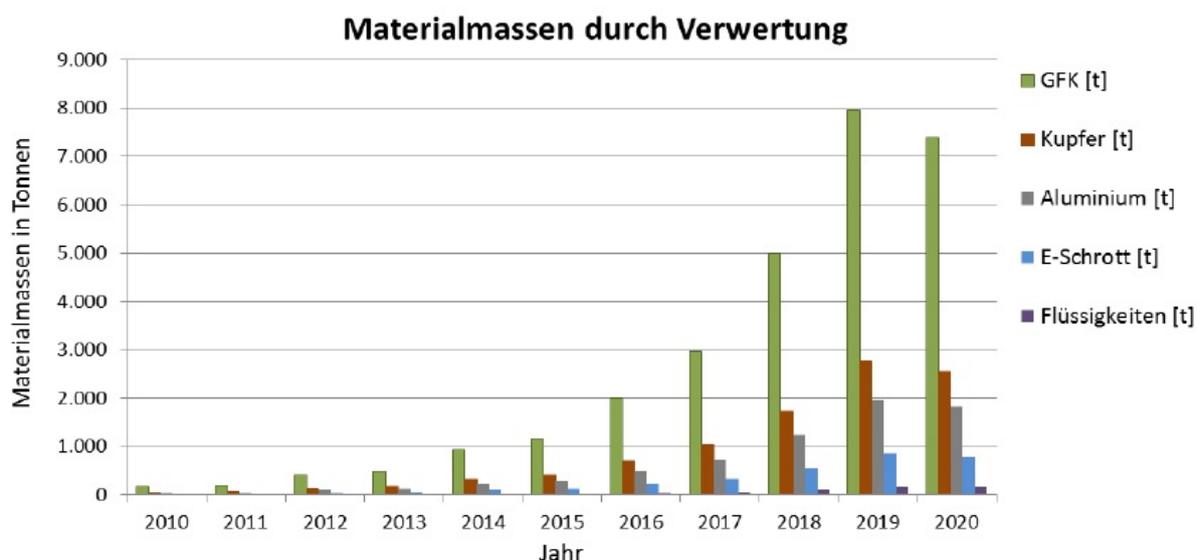


Abbildung 11: Abfallströme aus Abgebaute Windkraftanlagen. Quelle: 12. Leipziger Deponiefachtagung, Prof. Dr.-Ing. Henning Albers, Hochschule Bremen, 2016.

Aus den o.g. Beispielen ist erkennbar, dass das Ziel einer abfallfreien Gesellschaft unter

den jetzigen technischen und wirtschaftspolitischen Bedingungen nicht erreichbar ist. In Europa sind die ersten Maßnahmen zur Reduzierung des Verbrauchs und der Erhöhung der Recyclingsquoten bzw. der Wiederverwertung des Abfalls umgesetzt worden. Die Leitinitiative Ressourcenschonendes Europa als eine der sieben Leitinitiativen der im Jahr 2010 entwickelten Europa 2020 Strategie soll die Grundlage für zukünftige Maßnahmen des Wachstums bilden, die die Umstellung auf eine ressourcenschonende und kohlenstoffarme Wirtschaft erleichtern. Dabei werden u.a. der Abfall als Ressource betrachtet und Anreize für den Verbraucher zum Umstieg auf ressourcenschonende Produkte geschaffen. Allerdings sind die beschriebenen Maßnahmen in der Leitinitiative für die Mitgliedsländer unverbindlich.

5 Fazit & Ausblick

Die Empfehlungen des Rates für Nachhaltige Entwicklung lauten auszugsweise:

„Müssen wir nicht statt von Wachstum von einer Verlustwirtschaft sprechen, wenn wir uns den Umgang mit endlichen Ressourcen kritisch ansehen? Können wir uns auf Dauer eine Verlustwirtschaft leisten, die endliche Ressourcen wegwirft und den Reichtum an Ressourcen verringert? In deutschen Schulatlanten steht, dass Deutschland ein rohstoffarmes Land ist. Das ist falsch. In Deutschland gibt es Silber und Gold, Indium und Gallium, wertvolle Mineralien und lebenswichtige Nährstoffe in Hülle und Fülle – nur dass wir sie nicht als Rohstoff ansehen, sondern als Abfall behandeln. Noch.“²⁵

Das Erreichen des Ziels einer abfallarmen Gesellschaft erfordert ein Höchstmaß an Umweltbewusstsein. Die Abfallfreiheit kann sich die Gesellschaft nicht leisten. Die sichere Verwahrung von Abfällen ist heutzutage die einzige Möglichkeit, die Umwelt vor unseren „Schadstoffen“ zu bewahren. Es ist aber schwer zu bewerten, wie lange die Abdichtungssysteme der Deponien halten.

Im 21. Jahrhundert sehen wir aufgrund des Wachstums der Weltbevölkerung und wirtschaftlicher Systeme der Industrienationen weltweit auf eine Ressourcenverknappung durch eine unwirtschaftliche und unsoziale Verschuldung im Rohstoffsektor, die um ein Vieles ernster sind als der Holznotstand in der Zeit von Hannß Carl von Carlowitz und August des Starken. Wir nähern uns der Einsicht, dass die Begrenztheit von Rohstoffen eine echte Wirtschafts- und Konsumgrenze bedeutet. Es ist notwendig, diese begonnene Ressourcenpolitik weiter zu entwickeln. Abfall darf nicht als Problem Masse, sondern muss als Ressource geschätzt und bewertet werden. Für die Zukunft sind ein fairer Wettbewerb zwischen Primär- und Recyclingbaustoffen, die Akzeptanz von Recyclingbaustoffen (insbesondere bei öffentlichen Auftraggebern, keine alternativlosen Ausschreibungen von Primärbaustoffen!) notwendig. Wir brauchen die Weiterentwicklung von gütegesicherten Baustoffrecycling-Prozessen, wir benötigen neue Anreize zur Vermeidung von Abfall, es ist notwendig, neue Wertketten mit dem Fokus der Abfallvermeidung zu schaffen. Letztendlich bedarf die Lösung der Ressourcen- und Abfallprobleme ein globales Denken und die Zusammenarbeit aller Nationen.

²⁵Empfehlungen des Rates für Nachhaltige Entwicklung: Wie Deutschland zum Rohstoffland wird, Texte Nr. 39, 06/2011